

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-221019

(43)Date of publication of application : 17.08.2001

(51)Int.Cl.

F01L 1/34

(21)Application number : 2000-402594

(71)Applicant : BORGWARNER INC

(22)Date of filing : 28.12.2000

(72)Inventor :  
SIMPSON ROGER T  
DUFFIELD MICHAEL C  
GARDNER MARTY

(30)Priority

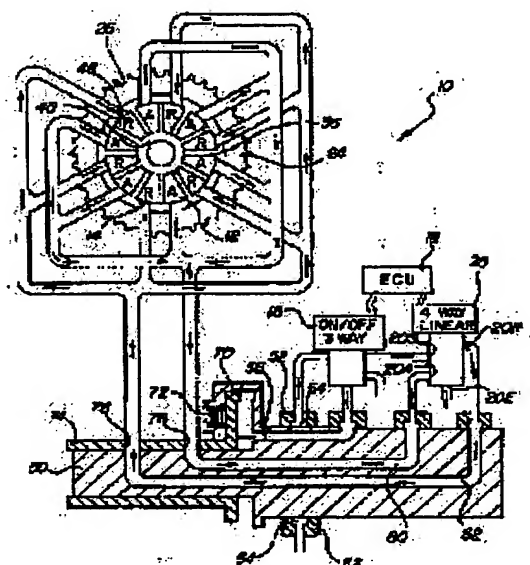
Priority number : 1999 473804 Priority date : 28.12.1999 Priority country : US

## (54) VARIABLE CAM SHAFT TIMING SYSTEM

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a variable cam shaft timing system adapted to continuously vary the position of a cam shaft relative to the position of a crankshaft.

**SOLUTION:** This system is provided with a hub 40 fixed to the cam shaft 50, a housing 24 enclosing the hub 40, and vibrating to the hub 40 and the cam shaft 50, plural drive vanes 36 cooperating with the outer surface 42 of the hub 40, plural driven vanes 46 cooperating with the inner surface 32 of the housing 24 advance chambers 12 and retard chambers 14 alternately arranged, a locking means for preventing the relative motion between the housing 24 and the hub 40, and a vibration control means for controlling vibration of the housing 24 to the hub 40.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-221019

(P2001-221019A)

(43) 公開日 平成13年8月17日 (2001.8.17)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F 0 1 L 1/34

識別記号

F I

F 0 1 L 1/34

テーマコード\* (参考)

E

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-402594 (P2000-402594)

(22) 出願日 平成12年12月28日 (2000.12.28)

(31) 優先権主張番号 09/473804

(32) 優先日 平成11年12月28日 (1999.12.28)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500124378

ボーグワーナー・インコーポレーテッド  
アメリカ合衆国ミシガン州48007-5060,  
トロイ, ウェスト・ビッグ・ビーバー・ロ  
ード 3001, スイート 200

(72) 発明者 ロジャー・ティ・シンプソン

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14850  
イサカ ウッドレイ・ロード 29

(72) 発明者 マイケル・シー・ダフィールド

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 13864  
ウィルゼイビル シンディ・レーン 9

(74) 代理人 100103241

弁理士 高崎 健一

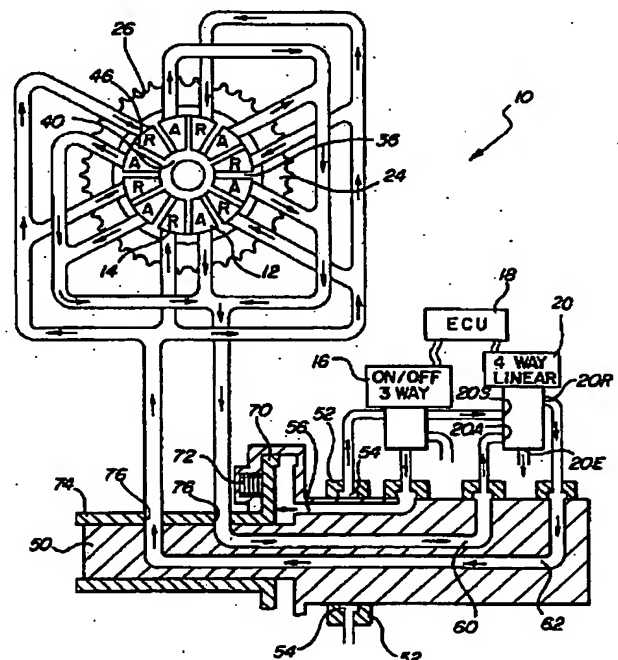
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変カムシャフトタイミングシステム

(57) 【要約】

【課題】 カムシャフトの位置がクランクシャフトの位置に対して連続的に可変になっている可変カムシャフトタイミングシステムを実現する。

【解決手段】 カムシャフト (50) に固定されたハブ (40) と、ハブ (40) を圍繞するとともに、ハブ (40) およびカムシャフト (50) に対して振動可能なハウジング (24) と、ハブ (40) の外面 (42) と協働する複数のドライブペーン (36) と、ハウジング (24) の内面 (32) と協働する複数のドリブペーン (46) と、交互に配置されたアドバンスチャンバ (12) およびリタードチャンバ (14) と、ハウジング (24) およびハブ (40) 間の相対運動を防止するロック手段と、ハブ (40) に対するハウジング (24) の振動を制御する振動制御手段とを設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 可変カムシャフトタイミングシステムにおいて、  
カムシャフト（50）と、  
外面（42）を有するとともに、前記カムシャフト（50）に固定され、前記カムシャフト（50）とともに回転するハブ（40）と、  
内面（32）を有し、前記ハブ（40）を囲繞するとともに、前記ハブ（40）および前記カムシャフト（50）とともに回転可能であり、前記ハブ（40）および前記カムシャフト（50）に対して振動可能なハウジング（24）と、  
前記ハウジング（24）内において半径方向に配置され、前記ハブ（40）の前記外面（42）と協働する複数のドライブペーン（36）と、  
前記ハブ（40）内において半径方向に配置されるとともに、前記複数のドライブペーン（36）と交互に配置されかつ前記ハウジング（24）の前記内面（32）と協働する複数のドリブンペーン（46）と、  
前記複数のドライブペーン（36）および前記複数のドリブンペーン（46）により限定されるとともに、交互に配置された複数のアドバンスチャンバ（12）およびリタードチャンバ（14）と、  
前記ハウジング（24）に対する前記ハブ（40）の最アドバンス位置と前記ハウジング（24）に対する前記ハブ（40）の最リタード位置との間の少なくとも一つの位置において、前記ハウジング（24）および前記ハブ（40）間の相対運動を防止するとともに、エンジンオイル圧に反応するロック手段と、  
前記ハブ（40）に対する前記ハウジング（24）の振動を制御するための振動制御手段と、を備えた可変カムシャフトタイミングシステム。

【請求項2】 請求項1において、  
前記ハウジング（24）が第1の組のロックリング歯（26）を有しており、前記ロック手段が、  
前記カムシャフト（50）の一部を囲繞するロックングプレート（70）と、  
前記ロックングプレート（70）に連結されるとともに、ロック位置において前記ハブ（40）および前記ハウジング（24）間の周方向の相対運動を防止するために前記ハウジング（24）の前記第1の組のロックリング歯（26）と係合し、かつ非ロック位置において前記ハブ（40）および前記ハウジング（24）間の周方向の相対運動を許容するために前記第1の組のロックリング歯（26）との係合が外れている第2の組のロックリング歯（68）を有するロックングリング（66）と、  
前記ロックングプレート（70）および前記ロックングリング（66）を前記ロック位置の方向に付勢する弾性手段と、をさらに備えている可変カムシャフトタイミングシステム。

【請求項3】 請求項2において、

前記ロックングリング（66）が前記カムシャフト（50）の長手方向の軸に対して同軸に配置されており、前記ロック位置および前記非ロック位置間で前記カムシャフト（50）の長手方向の軸に沿って移動可能になっている、ことを特徴とする可変カムシャフトタイミングシステム。

【請求項4】 請求項3において、

前記ロックングプレート（70）が半径方向に延びるフランジを有しており、前記弾性部材が、前記フランジの軸方向面（70A）と係合している、ことを特徴とする可変カムシャフトタイミングシステム。

【請求項5】 請求項4において、

前記ロック手段が、前記ロックングプレート（70）にエンジンオイル圧を送るための、前記カムシャフト（50）内に延びる通路（56）をさらに備えており、前記弾性手段によって前記ロックングプレート（70）に作用する力に対抗するように、エンジンオイル圧が前記ロックングプレート（70）の前記フランジの逆側の軸方向面（70B）に作用している、ことを特徴とする可変カムシャフトタイミングシステム。

【請求項6】 請求項5において、

前記カムシャフト（50）内に延びる前記通路（56）へのエンジンオイル圧の流れを制御するための制御弁（16）をさらに備えた、ことを特徴とする可変カムシャフトタイミングシステム。

【請求項7】 請求項5において、

前記制御弁（16）がオンモードで作動するかまたはオフモードで作動するかを制御するために、前記制御弁（16）の運転を制御する電子エンジン制御ユニット（18）をさらに備えた、ことを特徴とする可変カムシャフトタイミングシステム。

【請求項8】 請求項1において、

前記制御手段が、  
電子エンジン制御ユニット（18）と、  
電子エンジン制御ユニット（18）に反応して、エンジンオイル圧を導くためのバルブ手段と、  
前記バルブ手段および前記複数のアドバンスチャンバ（12）間でエンジンオイル圧を伝えるためのアドバンス手段と、  
前記バルブ手段および前記複数のリタードチャンバ（14）間でエンジンオイル圧を伝えるためのリタード手段と、を備えた可変カムシャフトタイミングシステム。

【請求項9】 可変カムシャフトタイミングシステムにおいて、  
カムシャフト（50）と、  
前記カムシャフト（50）に固定され、前記カムシャフト（50）とともに回転しかつ前記カムシャフト（50）に対して振動しないように構成されるとともに、外面（42）を有し、さらに、前記外面（42）に開口し

かつ周方向に間隔を隔てた、内方に延びる半径方向溝（44A）を有するハブ（40）と、  
前記ハブ（40）を圍繞し、前記ハブ（40）および前記カムシャフト（50）とともに回転可能で、前記ハブ（40）および前記カムシャフト（50）に対して振動可能に設けられるとともに、前記外面（42）よりも周方向に大きく前記外面との間で流体チャンバを限定する内面（32）を有し、さらに、前記内面（32）に開口しかつ周方向に間隔を隔てた、外方に延びる半径方向溝（34A）を有するハウジング（24）と、  
前記ハウジング（24）の前記半径方向溝（34A）にそれぞれ対応して該半径方向溝（34A）内に半径方向スライド可能に配置され、前記ハブ（40）の前記外面（42）と常時接触するようにスプリングで半径方向内方に付勢されて前記外面（42）と係合する内面（36A）を有する複数のドライブペーン（36）と、  
前記ハブ（40）の前記半径方向溝（44A）にそれぞれ対応して該半径方向溝（44A）内に半径方向スライド可能に配置され、前記ハウジング（24）の前記内面（32）と常時接触するようにスプリングで半径方向外方に付勢されて前記内面（32）と係合する外面（46A）を有する複数のドリブンペーン（46）と、  
前記複数のドライブペーン（36）および前記複数のドリブンペーン（46）により限定されるとともに、前記流体チャンバ内に交互に配置され、それぞれ流体を密封した状態で互いに分離された複数のアドバンスチャンバ（12）およびリタードチャンバ（14）と、  
前記ハウジング（24）に対する前記ハブ（40）の最アドバンス位置と前記ハウジング（24）に対する前記ハブ（40）の最リタード位置との間の少なくとも一つの位置において、前記ハウジング（24）および前記ハブ（40）間の相対運動を防止するための、エンジンオイル圧に反応するロック手段と、  
前記複数のアドバンスチャンバ（12）に対するポート手段および前記複数のリタードチャンバ（14）に対するポート手段から構成されるとともに、前記各ドリブンおよびドリブンペーン（36）、（46）を相対的に入れ替えるために、前記各アドバンスおよびリタードチャンバ（12）、（14）にエンジンオイル圧を供給し、かつ前記各アドバンスおよびリタードチャンバ（12）、（14）からエンジンオイル圧を排出し得るように設けられた、前記ハウジング（24）に対する前記ハブ（40）の振動を制御するための振動制御手段と、を備えた可変カムシャフトタイミングシステム。  
【請求項10】 請求項9において、  
前記ハウジングが、第1の組のロッキング歯（30）を有しており、  
前記ロック手段が、  
前記カムシャフトの一部を圍繞するロッキングプレート（70）と、

前記ロッキングプレートに連結されるとともに、ロック位置において前記ハブおよび前記ハウジング間の周方向の相対運動を防止するために前記ハウジングの前記第1の組のロッキング歯と係合し、かつ非ロック位置において前記ハブおよび前記ハウジング間の周方向の相対運動を許容するために前記第1の組のロッキング歯との係合が外れている第2の組のロッキング歯（68）を有するロッキングリング（66）と、  
前記ロッキングリングおよび前記ロッキングプレートを前記ロック位置の方向に付勢する弾性手段と、をさらに備えた可変カムシャフトタイミングシステム。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に、カムシャフトの位置がクランクシャフトの位置に対してエンジンオイル圧に反応して周方向に変化しているタイプの可変カムシャフトタイミング（VCT: Variable Camshaft timing）システムの運転を制御するための、とくに内燃機関用の液圧制御システムに関する。

【0002】このようなVCTシステムにおいては、カムシャフトの再位置決めを達成するために電子液圧制御システムが設けられており、電子液圧制御システムがこのような再位置決めを達成するのを選択的に許容または阻止するために、ロッキングシステムが設けられている。

【0003】より詳細には、本発明は、エンジンオイル圧によって駆動されかつ多数位置をとるVCTシステムに関し、該システムは、交互に流体チャンバを限定するとともに、スプリング付勢された多数の薄いペーンを有している。

#### 【0004】

【従来の技術およびその課題】内燃機関の性能は、一方のカムシャフトがエンジンの多数のシリンダの吸気弁を操作しかつ他方のカムシャフトが排気弁を操作するといった2本のカムシャフトの使用によって向上できることが知られている。

【0005】典型的には、このようなカムシャフトの一方は、第1のスプロケットおよびチェーン駆動装置またはベルト駆動装置を介して、エンジンのクランクシャフトによって運転され、他方のカムシャフトは、第2のスプロケットおよびチェーン駆動装置または第2のベルト駆動装置を介して、第1のスプロケットにより運転される。あるいは、双方のカムシャフトは、クランクシャフト駆動の単一のチェーン駆動装置またはベルト駆動装置によって運転される。

【0006】2本のカムシャフトを有するまたはカムシャフトが1本でない内燃機関の性能が、クランクシャフトに対するカムシャフトの位置関係を変えることによって向上できることもまた知られている。

【0007】1本または2本以上のカムシャフトを有す

るエンジンの性能が、とくにアイドル特性、燃費、排気物質の減少またはトルクの向上の点から見て向上できるということもまた知られている。

【0008】たとえば、アイドル運転時には安定化の目的で、また高速運転時には出力向上の目的で吸気弁の閉塞タイミングを遅らせるために、カムシャフトがリタード(retard)される。同様に、中速運転時において高い容積効率をそれとともに生じる高トルクとともに獲得する目的で、吸気弁の閉塞タイミングを速めるために、カムシャフトがアドバンス(advance)される。

【0009】ダブルカムシャフトエンジンにおいては、カムシャフトのリタードおよびアドバンスは、一方のカムシャフト、通常はエンジンの吸気弁を操作する方のカムシャフトの位置関係を他方のカムシャフトおよびクランクシャフトに対して変えることによって達成される。

【0010】したがって、カムシャフトのリタードおよびアドバンスは、排気弁に対する吸気弁の運転の点から見て、またはクランクシャフトの位置に対するバルブの運転の点から見て、エンジンのタイミングを変化させる。

【0011】以前は、多くのVCTシステムが、圍繞されたハウジング内でカムシャフトに固定されかつ対向ローブを有する振動可能なベーンを含む液圧装置を採用していた。多くの場合、このようなVCTシステムは、ハウジング内の流体をベーンローブの一方の側から他方の側にまたはその逆方向に移動させ、それにより、ベーンをハウジングに対して一方向または他の方向に振動させるために、チェックバルブ、スプールバルブ、スプリングおよび電気機械弁を含む流体回路を有している。

【0012】このような振動は、カムシャフトの位置をクランクシャフトに対して前進または後退させるのに効果的である。これらのVCTシステムは、典型的には、カムシャフト内を通るトルクパルスに反応して駆動される液圧システムを有する自己駆動型(self-powered)のものである。

【0013】残念ながら、上記VCTシステムはいくつかの欠点を有している。このようなVCTシステムの一つの欠点は、チェックバルブおよびスプールバルブの組を必要とする点である。

【0014】チェックバルブは、カムシャフトからのトルクパルスの発生期間中にオイル圧の逆方向への流れを防止するのに必要である。スプールバルブは、ハウジング内で一方の流体チャンバから他方の流体チャンバに流体の流れを変えるのに必要である。これらのバルブの使用は、カムシャフトの高価な精密加工をさらに必要とする多くの高価な高精度部品を含んでいる。

【0015】また、これらの精密部品は、液圧システムに固有の汚染によって、簡単に汚れて故障する。相対的に大きな汚染粒子は、しばしばスプールバルブ領域およびバルブハウジング領域間にとどまって、バルブを故障

させ、VCTを運転できない状態にする。一方、相対的に小さな汚染粒子は、チェックバルブまたはスプールバルブの外径とバルブハウジングの内径との間にとどまって同様にバルブを故障させる。

【0016】このような汚染の問題は、典型的には、エンジン内の汚染度をゼロにすることを目標にすることから、または、エンジンの液圧回路内の要所要所に独立したスクリーンフィルタを配置することから、取りかかっている。ところが、このような取り組み方は、相対的に高価であり、汚染を減らすことに適度に効果的であるにすぎないことが知られている。

【0017】VCTシステムの他の問題は、エンジンの最初の始動時にスプールバルブの位置を適切に制御することができない点である。エンジンが最初に始動したとき、油圧が発生するのに数秒かかる。その間、スプールバルブの位置は不明である。システムの論理回路が、必要な計算を行うのに用いる位置に関して既知の量を持っていないことにより、制御システムは、エンジンが通常の運転速度に達するまで、スプールバルブの位置を効果的に制御することができない。

【0018】そして、結局、このようなタイプのVCTシステムがあらゆる型式および大きさのエンジンに使用されるように最適化されていないということが分かってきた。V-8シリンダのような大型の高トルクエンジンは、VCTシステムの液圧システムを駆動するのに十分な大きさのトルクパルスを発生する。これに対して、残念ながら、4気筒または6気筒のような小型の小トルクエンジンは、VCT液圧システムを駆動するのに十分な大きさのトルクを発生しない。

【0019】その他のVCTシステムは、周方向に対向する多数の壁を有するハウジングの内部において、周方向に間隔を隔ててハウジングと協働する多数のベーンを有するハブを含む液圧装置を備えている。ベーンおよび壁は、多数の流体チャンバを限定するように協働しており、ベーンは流体チャンバを第1および第2の領域に分割している。

【0020】たとえば、シライらによる米国特許第4,858,572号は、エンジンクランクシャフトおよびエンジンカムシャフト間の角位相差を調整するためのこのようなシステムの使用を教示している。シライらは、周方向に対向したハウジング壁が、各チャンバ内で各ベーンの周方向移動を制限するという点をさらに教示している。

【0021】シライらは、ハウジング内において第1の部分から第2の部分にまたはその逆方向に流体を移動させることにより、ハウジングに対して一方向または他の方向にベーンおよびハブを振動させるために、チェックバルブと、スプールバルブおよびスプリングと、電気機械弁とを備えた流体回路を開示している。

【0022】シライらは、各ベーンが各チャンバ内で周方向に対向する壁の一つと隣接したときにハブおよびハ

ウジングをロックするための第1の連結手段をさらに開示している。また、各ベーンが各チャンバ内で周方向に対向する他の壁と隣接したときにハブおよびハウジングをロックするために、第2の連結手段が設けられている。これらの連結手段は、カムシャフトをクランクシャフトに対して最前進位置または最後退位置に保持するのに効果的である。

【0023】残念ながら、シライらの発明はいくつかの欠点を有している。その第1は、スプールバルブおよびチェックバルブの配置に関連した上述の問題が、シライらにも当てはまることである。

【0024】第2の欠点は、この配置が、クランクシャフト位置およびカムシャフト位置間において合計でほんの15度の位相調整に限定されることである。カムの回転角が大きければ大きいほど、効率および性能が増大する機会が増える。したがって、一般に30度のカム回転角を得られる他のシステムに比べて、わずか15度の調整は効率および性能の増加を厳しく制限することになる。

【0025】第3の欠点は、この配置がたった二つの位置の配置、すなわち、中間のどんな位置もとらずに最前進位置または最後退位置のいずれかの位置しかとり得ないことである。同様に、この配置は、位相の制限内で連続的に可変の角度調整を許容する他のシステムに比べて、効率および性能の増加を制限する。

【0026】したがって、必要とされているのは、あらゆるエンジン型式およびエンジンサイズとともに良好に作動し、従来のVCT機器と少なくとも同じくらいコンパクトに組み立てられるとともに、チェックバルブおよびスプールバルブの必要性をなくし、その運転制限内でクランクシャフトに対するカムシャフトの連続的な可変位相調整を提供し、クランクシャフト位置とカムシャフト位置との間で実質的に15度以上の位相調整を提供する可変カムシャフトタイミングシステムを提供することによって、従来の可変カムシャフトタイミング装置に関連する問題を克服するように設計されたVCTシステムである。

【0027】このように、本発明の目的は、内燃機関のための改良された可変カムシャフトタイミング装置を提供することである。

【0028】本発明の他の目的は、その運転範囲内でカムシャフトの位置がクランクシャフトの位置に対して連続的に可変になっている可変カムシャフトタイミング装置を提供することである。

【0029】本発明のさらに他の目的は、チェックバルブおよびスプールバルブを必要とする装置と異なり、相対的に簡略化された機械および液圧構造を有する液圧制御の可変カムシャフトタイミング装置を提供することである。

【0030】本発明の別の目的は、あらゆるエンジン型

式およびエンジンサイズとともに作動する、改良された可変カムシャフトタイミングシステムを提供することである。

【0031】本発明の他の目的は、従来のVCTシステムと同じくらいコンパクトに組み立てられるとともに、チェックバルブおよびスプールバルブの必要性をなくす可変カムシャフトタイミングシステムを提供することである。

【0032】本発明のさらに他の目的は、その運転制限内でクランクシャフトに対するカムシャフトの連続的な可変位相調整を提供し、クランクシャフト位置とカムシャフト位置との間で少なくとも約30度の位相調整を提供する可変カムシャフトタイミングシステムを実現することである。

【0033】本発明のこれらの目的およびその他の特徴および利点は、以下の詳細な記述、特許請求の範囲および添付図面を読んだ後で、明らかになるだろう。

【0034】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明に係る可変カムシャフトタイミングシステムは、カムシャフト(50)と、外面(42)を有するとともに、前記カムシャフト(50)に固定され、前記カムシャフト(50)とともに回転するハブ(40)と、内面(32)を有し、前記ハブ(40)を圍繞するとともに、前記ハブ(40)および前記カムシャフト(50)とともに回転可能であり、前記ハブ(40)および前記カムシャフト(50)に対して振動可能なハウジング(24)と、前記ハウジング(24)内において半径方向に配置され、前記ハブ(40)の前記外面(42)と協働する複数のドライブベーン(36)と、前記ハブ(40)内において半径方向に配置されるとともに、前記複数のドライブベーン(36)と交互に配置されかつ前記ハウジング(24)の前記内面(32)と協働する複数のドリブンベーン(46)と、前記複数のドライブベーン(36)および前記複数のドリブンベーン(46)により限定されるとともに、交互に配置された複数のアドバンスチャンバ(12)およびリタードチャンバ(14)と、前記ハウジング(24)に対する前記ハブ(40)の最アドバンス位置と前記ハウジング(24)に対する前記ハブ(40)の最リタード位置との間の少なくとも一つの位置において、前記ハウジング(24)および前記ハブ(40)間の相対運動を防止するとともに、エンジンオイル圧に反応するロック手段と、前記ハブ(40)に対する前記ハウジング(24)の振動を制御するための振動制御手段とを備えている。

【0035】請求項2の発明に係る可変カムシャフトタイミングシステムは、請求項1において、前記ハウジング(24)が第1の組のロッキング歯(26)を有しており、前記ロック手段が、前記カムシャフト(50)の一部を圍繞するロッキングプレート(70)と、前記ロ

ッキングプレート(70)に連結されるとともに、ロック位置において前記ハブ(40)および前記ハウジング(24)間の周方向の相対運動を防止するために前記ハウジング(24)の前記第1の組のッキング歯(26)と係合し、かつ非ロック位置において前記ハブ(40)および前記ハウジング(24)間の周方向の相対運動を許容するために前記第1の組のッキング歯(26)との係合が外れている第2の組のッキング歯(68)を有するロッキングリング(66)と、前記ロッキングプレート(70)および前記ロッキングリング(66)を前記ロック位置の方向に付勢する弾性手段とをさらに備えている。

【0036】請求項3の発明に係る可変カムシャフトタイミングシステムは、請求項2において、前記ロッキングリング(66)が前記カムシャフト(50)の長手方向の軸に対して同軸に配置されており、前記ロック位置および前記非ロック位置間で前記カムシャフト(50)の長手方向の軸に沿って移動可能になっていることを特徴としている。

【0037】請求項4の発明に係る可変カムシャフトタイミングシステムは、請求項3において、前記ロッキングプレート(70)が半径方向に延びるフランジを有しており、前記弾性部材が、前記フランジの軸方向面(70A)と係合していることを特徴としている。

【0038】請求項5の発明に係る可変カムシャフトタイミングシステムは、請求項4において、前記ロック手段が、前記ロッキングプレート(70)にエンジンオイル圧を送るための、前記カムシャフト(50)内に延びる通路(56)をさらに備えており、前記弾性手段によって前記ロッキングプレート(70)に作用する力に対抗するように、エンジンオイル圧が前記ロッキングプレート(70)の前記フランジの逆側の軸方向面(70B)に作用していることを特徴としている。

【0039】請求項6の発明に係る可変カムシャフトタイミングシステムは、請求項5において、前記カムシャフト(50)内に延びる前記通路(56)へのエンジンオイル圧の流れを制御するための制御弁(16)をさらに備えている。

【0040】請求項7の発明に係る可変カムシャフトタイミングシステムは、請求項5において、前記制御弁(16)がオンモードで作動するかまたはオフモードで作動するかを制御するために、前記制御弁(16)の運転を制御する電子エンジン制御ユニット(18)をさらに備えている。

【0041】請求項8の発明に係る可変カムシャフトタイミングシステムは、請求項1において、前記制御手段が、電子エンジン制御ユニット(18)と、電子エンジン制御ユニット(18)に反応して、エンジンオイル圧を導くためのバルブ手段と、前記バルブ手段および前記複数のアドバンスチャンバ(12)間でエンジンオイル

圧を伝えるためのアドバンス手段と、前記バルブ手段および前記複数のリタードチャンバ(14)間でエンジンオイル圧を伝えるためのリタード手段とを備えている。

【0042】請求項9の発明に係る可変カムシャフトタイミングシステムは、カムシャフト(50)と、前記カムシャフト(50)に固定され、前記カムシャフト(50)とともに回転しかつ前記カムシャフト(50)に対して振動しないように構成されるとともに、外面(42)を有し、さらに、前記外面(42)に開口しかつ周方向に間隔を隔てた、内方に延びる半径方向溝(44A)を有するハブ(40)と、前記ハブ(40)を囲繞し、前記ハブ(40)および前記カムシャフト(50)とともに回転可能で、前記ハブ(40)および前記カムシャフト(50)に対して振動可能に設けられるとともに、前記外面(42)よりも周方向に大きく前記外面との間で流体チャンバを限定する内面(32)を有し、さらに、前記内面(32)に開口しかつ周方向に間隔を隔てた、外方に延びる半径方向溝(34A)を有するハウジング(24)と、前記ハウジング(24)の前記半径方向溝(34A)にそれぞれ対応して該半径方向溝(34A)内に半径方向スライド可能に配置され、前記ハブ(40)の前記外面(42)と常時接触するようにスプリングで半径方向内方に付勢されて前記外面(42)と係合する内面(36A)を有する複数のドライブペーン(36)と、前記ハブ(40)の前記半径方向溝(44A)にそれぞれ対応して該半径方向溝(44A)内に半径方向スライド可能に配置され、前記ハウジング(24)の前記内面(32)と常時接触するようにスプリングで半径方向外方に付勢されて前記内面(32)と係合する外面(46A)を有する複数のドリブンペーン(46)と、前記複数のドライブペーン(36)および前記複数のドリブンペーン(46)により限定されるとともに、前記流体チャンバ内に交互に配置され、それぞれ流体を密封した状態で互いに分離された複数のアドバンスチャンバ(12)およびリタードチャンバ(14)と、前記ハウジング(24)に対する前記ハブ(40)の最アドバンス位置と前記ハウジング(24)に対する前記ハブ(40)の最リタード位置との間の少なくとも一つの位置において、前記ハウジング(24)および前記ハブ(40)間の相対運動を防止するための、エンジンオイル圧に反応するロック手段と、前記複数のアドバンスチャンバ(12)に対するポート手段および前記複数のリタードチャンバ(14)に対するポート手段から構成されるとともに、前記各ドリブンおよびドリブンペーン(36)、(46)を相対的に入れ替えるために、前記各アドバンスおよびリタードチャンバ(12)、(14)にエンジンオイル圧を供給し、かつ前記各アドバンスおよびリタードチャンバ(12)、(14)からエンジンオイル圧を排出し得るように設けられた、前記ハウジング(24)に対する前記ハブ(40)の振動を制御



するための振動制御手段とを備えている。

【0043】請求項10の発明に係る可変カムシャフトタイミングシステムは、請求項9において、前記ハウジングが、第1の組のロックリング歯(30)を有しており、前記ロック手段が、前記カムシャフトの一部を囲繞するロックリングプレート(70)と、前記ロックリングプレートに連結されるとともに、ロック位置において前記ハブおよび前記ハウジング間の周方向の相対運動を防止するために前記ハウジングの前記第1の組のロックリング歯と係合し、かつ非ロック位置において前記ハブおよび前記ハウジング間の周方向の相対運動を許容するために前記第1の組のロックリング歯との係合が外れている第2の組のロックリング歯(68)を有するロックリング(66)と、前記ロックリングおよび前記ロックリングプレートを前記ロック位置の方向に付勢する弾性手段とをさらに備えている。

【0044】

#### 【発明の実施の形態】発明の要約

本発明によれば、従来の可変カムシャフトタイミング装置に関連した問題を克服するように設計された可変カムシャフトタイミング(VCT: Variable Camshaft Timing)システムが提供されている。

【0045】本発明のVCTシステムは、あらゆるエンジン型式およびエンジンサイズとともに良好に作動し、従来のVCT機器と少なくとも同じくらいコンパクトに組み立てられるとともに、チェックバルブおよびスプールバルブの必要性をなくし、運転制限内でクランクシャフトに対するカムシャフトの連続的な可変位相調整を提供し、クランクシャフト位置とカムシャフト位置との間で実質的に15度以上の位相調整を提供している。

【0046】本発明の一形態においては、カムシャフトと、カムシャフトと同期回転するようにカムシャフトに固定されたハブとが提供されている。ハウジングは、ハブを囲繞するとともに、ハブおよびカムシャフトとともに回転可能になっており、さらに、所定の回転角の範囲内でハブおよびカムシャフトに対して振動可能になっている。複数のドライブベーンがハウジング内において半径方向に配置されており、ハブの外周と協働する。同様に、複数のドリブンベーンがハブ内において半径方向に配置されており、ハウジングの内周と協働する。

【0047】ハウジングおよびハブのそれぞれ他方に対する多数の周方向位置のいずれかにおいてハウジングおよびハブ間の相対運動を防止するために、オイル圧に反応するロック装置が設けられている。そして、さらに、ハブに対するハウジングの振動を制御するための構成が提供されている。

#### 【0048】好ましい実施態様の詳細な説明

一般に、一方の回転部材の位相を他方の回転部材に対して変化させるために、液圧タイミングシステムが設けられている。本発明は、より詳細には、エンジンのカムシ

ャフトのタイミングをクランクシャフトに対して変化させて、エンジンの一つまたはそれ以上の運転特性を改良するために、エンジンオイル圧で駆動されかつ多数の位置をとる可変カムシャフトタイミング(VCT: Variable Camshaft Timing)システムを提供する。

【0049】本発明は内燃機関に関して詳細に記述されるが、このVCTシステムは、液圧タイミング装置を使用する他の環境にも良好に適合する。したがって、本発明は、内燃機関にのみ限定されるものではない。

【0050】図面について詳細に説明すると、本発明の好ましい実施態様による位相調整器10が図1および図2に示されている。位相調整器12は、ハブ40を囲繞するハウジング24またはスプロケットを有している。ハウジング24は、その外縁に配置されたスプロケット歯26と、ロックリング直径部28の回りに配置された環状配列のロックリング歯30とを有している。

【0051】ハウジング24は、内面32と、周方向に間隔を隔てかつ半径方向溝34aがそれぞれ形成された内側ローブ34とをさらに有している。各半径方向溝34aは外方に延びるとともに、内面32に開口している。ハウジング24は、各半径方向溝34a内において半径方向にスライド可能に配置されたドライブベーン36を有している。

【0052】各ドライブベーン36は、ハブ40の外周42と係合する内縁部36aを有している。各ドライブベーン36は、ハブ40の外周42との常時接触を確保するために、付勢部材またはスプリング38によって半径方向内方に付勢されている。

【0053】ハブ40は、外周42の回りに周方向に間隔を隔てた外側ローブ44と、各外側ローブ44内の半径方向溝44aとを有している。ハブ40は、各半径方向溝44a内において半径方向にスライド可能に配置されたドリブンベーン46を有している。各ドリブンベーン46は、ハウジング24の内面32と係合する外縁部46aを有している。

【0054】各ドリブンベーン46は、ハウジング24の内面32との常時接触を確保するために、付勢部材またはスプリング48によって半径方向外方に付勢されている。その点で、ハブ40の各ドリブンベーン46の各外縁部46aは、ハウジング24の内面32とスライド可能に協働している。同様に、ハウジング24の各ドライブベーン36の各内縁部36aは、ハブ40の外周42とスライド可能に協働している。

【0055】ドライブベーン36およびドリブンベーン46は、アドバンスチャンバ12およびリタードチャンバ14を限定するように、周方向に交互に配置されている。したがって、アドバンスチャンバ12およびリタードチャンバ14もまた、ハブ40およびハウジング24間において周方向に交互に配置されている。また、アドバンスチャンバ12およびリタードチャンバ14は、流



体を密封した状態で互いに分離されている。

【0056】図3は、本発明の変形実施態様による他の位相調整器110を示している。ここでは、位相調整器110の設計が、通常のベーンポンプの設計に類似しており、ロータまたはハブ140と、ハウジング124とを有している。

【0057】図1および図2のベーン位相調整器10と異なり、このベーン位相調整器110にはローブがない。そのかわりに、ドリブンベーン146がハブ140の各半径方向溝144内に配置されており、ドライブベーン136がハウジング124の各半径方向溝134内に配置されている。

【0058】図4、図6および図7には、本発明の好ましい実施態様による可変カムシャフトタイミングシステムのベーン位相調整器10が概略の形態で提供されている。位相調整器10は、内方に延びるドライブベーン36を含むハウジング24を有している。ハブ40は、外方に延びるドリブンベーン46を有している。ハブ40は、カムシャフト50とともに回転するがカムシャフト50に対して振動しないように、カムシャフト50にキー止めされるかまたは別の方法で固定されている。

【0059】ハブ40およびハウジング24とともにカムシャフト50を含む組立体は、スプロケット歯26と噛み合う無端状チェーン（図示せず）によってハウジング24に作用するトルクにより、回転させられる。このようにして、図示しない回転クランクシャフトにより無端状チェーンに回転が与えられる。ハウジング24は、カムシャフト50とともに回転するとともに、クランクシャフトに対するカムシャフト50の位相を変えるために、カムシャフト50に対して振動可能になっている。

【0060】ロック装置は、矢印で示すように、カムシャフトベアリング52内の供給通路54を通してカムシャフト50内に流入する加圧エンジンオイルを用いて駆動される。

【0061】エンジンオイルは、まず、電子エンジン制御ユニット（ECU）18によってその運転が制御される3方向オン／オフ流量制御弁（ON/OFF 3 WAY）16まで流れる。図4および図6に示すように、3方向弁16がオン状態のときには、オイルは、3方向弁16を通り、カムシャフト50内部のロック通路56内に流入して、ロックプレート70に作用する。以下に詳細に記述される構成によってロックプレート70がベーン位相調整器10をロック解除状態に維持する位置まで、オイル圧は、リターンスプリング72のばね力に抗してロックプレート70を押圧する。

【0062】一方、図7においては、3方向弁16がオフ状態であり、したがって、エンジンオイルはロック通路56内に流入しておらず、そのため、リターンスプリング72は、ロックプレート70をロック位置に戻す。

【0063】次に、図5および図8について説明すると、ロックプレート70が、カムシャフト50の長手方向の中心軸に関して同軸に配置された環状部材の形態を有している。ロックプレート70がカムシャフト50の中心軸に沿って図5のロック解除位置から図8のロック位置まで移動するときにハウジング24のロック歯30と係合するように配置された環状配列のロック歯68が、ロックリング66に設けられている。

【0064】図4、図6および図7に関連してこれまで説明されてきたように、ロックリング66がスナッチリング78によって固定されたロックプレート70の軸方向面70Aを押圧するリターンスプリング72により、ロックプレート70は、図8のロック位置に向かって付勢されている。

【0065】図4、図6および図7に示されるロック通路56を通る液圧によって、ロックプレート70は図5のロック解除位置に押圧される。リターンスプリング72が作用する軸方向面70Aと逆側に配置された軸方向面70Bに液圧は作用する。

【0066】これまで説明されたように、ロックプレート70は、カムシャフト50に対して周方向の運動ができないが、ハウジング24は、カムシャフト50に対して周方向の運動を行える。

【0067】この理由により、また、相互に係合する多数の係合歯30、68により、ロックプレート70およびロックリング66は、ハウジング24をカムシャフト50に対して周方向の多くの相対位置における固定位置にロックすることができる。このことは、図示しないロック通路内の液圧が、リターンスプリング72のばね力に打ち勝つのに必要な所定値よりも下がったときはいつでも起こる。

【0068】図5および図8に示すように、ハウジング24は、いずれかの軸端が開口しているが、間隔をあけて配置されたエンドプレート80A、80Bによって閉塞されている。ロックプレート70、エンドプレート80A、80B、ハウジング24、およびハブ40を含む組立体は、ハブ40の各外側ローブ44を挿通するボルト82によって、カムシャフト50の環状フランジ58に固定されている。

【0069】その点で、ロックプレート70は、図5および図8の相対的ロック解除位置およびロック位置を比較することによって分かるように、各ボルト82の頭部84に対してスライド可能になっている。

【0070】図4および図6に示すように、3方向弁を通して閉ループ制御のための4方向パルス幅変調制御弁（4 WAY LINEAR）20内に流入する、供給通路54からの加圧エンジンオイルを用いることによって、制御装置が駆動される。

【0071】4方向弁20は、カムシャフト50内のア

ドバンス流体通路60およびリタード流体通路62と流体接続されており、これらの流体通路は、ロッキングプレート70のスリーブ部74の整列した開孔76を通り、ハブ40およびハウジング24間のアドバンスおよびリタードチャンバ12、14に連絡している。ロッキングプレート70がロック解除位置にあるときには、オイルは、4方向弁20に関してアドバンスおよびリタードチャンバ12、14に流入しまたはこれらのチャンバから流出する。

【0072】一方、図7に示すように、ロッキングプレート70がロック位置にあるときには、スライド可能な環状部材の整列した開孔76は、アドバンス流路60およびリタード流路62と整列せず、したがって、アドバンスおよびリタードチャンバ12、14に関して4方向弁20に流入しまたは該弁から流出するエンジンオイルの流れを阻止する。

【0073】運転中には、図4に示すように、エンジンが始動されると、加圧オイルが、カムシャフトベアリング52を通して3方向弁16内に、また3方向弁16を通して4方向弁20内に流入する。

【0074】エンジン制御ユニット18は、エンジン内部およびその他の場所からの入力情報を処理して、3方向弁16を含む種々の場所に出力情報を送出する。3方向弁16は、エンジン制御ユニット18からの出力に基づいてロッキングプレート70のロック状態を解除するように、エンジンオイルをロッキング通路56に導く。すると、ベーン位相調整器10が位相を変える。

【0075】次に、供給ポート20Sからリタードポート20Rを通してリタード流路62からリタードチャンバ14にオイルを導くように、エンジン制御ユニットは4方向弁20に信号を送る。同時に、エンジンオイルは、アドバンスチャンバ12を出て、アドバンス流路60を通り、4方向弁20のアドバンスポート20Aに入って、排出ポート20Eから排出される。

【0076】あるいは、図6に示すように、供給ポート20Sからアドバンスポート20Aを通してアドバンス流路60からアドバンスチャンバ12にオイルを導くように、エンジン制御ユニット18は4方向弁20に信号を送る。同時に、エンジンオイルは、リタードチャンバ14を出て、リタード流路62を通り、4方向弁20のリタードポート20Rに入って、排出ポート20Eから排出される。

【0077】図7に示すように、所望の位相変化が一旦達成されると、エンジン制御ユニット18は、オイルがロッキングプレート70からロッキング通路56を通り、3方向弁16のロッキングポート16Lを通して排出ポート16Eから排出されるように、3方向制御弁16に信号を送る。

【0078】同時に、ロッキングプレート70がロック位置にスライドし、オイルの流れを阻止してベーン位相

調整器10を所定位置にロックするので、4方向弁20に関してアドバンスチャンバ12およびリタードチャンバ14に流入しまたはこれらのチャンバから流出するすべてのエンジンオイルは停止する。

【0079】図9および図10は、本発明の変形実施態様によるベーン位相調整器210を示している。図9は、3方向弁16、カムシャフト250内のアドバンス流路260、および各リタードチャンバ14内の付勢部材290が、閉ループ制御の下でカムシャフト250の位相変化をどのように行うかを示している。

【0080】ここでは、付勢部材290は、ハブ40およびドリブンベーン46を0%の負荷サイクルの下で最リタード位置に付勢するように、ドリブンベーン46に作用している。したがって、付勢部材290のばね力と釣り合わせるために、オイル圧が、100%の負荷サイクルの下で、供給通路254から3方向弁16およびアドバンス流路260を通して各アドバンスチャンバ12内に流入する。このように、各アドバンスチャンバ12内へのオイル圧の流れを単に制御するだけで、位相変化が達成される。

【0081】図10は、ベーン位相調整器210が、付勢部材290として圧縮スプリングを備えていることを示している。しかしながら、振じりスプリング、アコーディオンスプリングおよびビーハイブ(beehive)圧縮スプリングのような他のスプリングを採用してもよい。ハブ40への付勢はまた単一のスプリング部材形態(図示せず)を用いて達成してもよいことが意図されている。

【0082】またハブ40は、通常、最アドバンス位置(図示せず)に向かって付勢されていてもよく、これにより、リタードチャンバ14への流れを制御することによって、位相変化が達成される。

【0083】最後に、図11は、本発明の変形実施態様によるベーン位相調整器310を示しており、ここでは、カムシャフト350に取り付けられたカムシャフトベアリング352内をオイルが通るとき、ロッキングプレート70が係合解除状態に常時おかれている。

【0084】この構成では、一旦オイル圧がリタードスプリング72のばね力に打ち勝つほど十分に大きくなると、ロッキングプレート70が係合解除状態になる。これにより、エンジンが運転中でオイル圧を供給している間はずっとロッキングプレート70は係合解除状態になる。したがって、ベーン位相調整器310は、位相調整器の制御構成の正確さの範囲内で任意の位置に移動できるようになる。

【0085】上述のことから、本発明の重要な利点は、チェックバルブやスプールバルブが必要とされず、これにより、VCTが汚染問題の影響をあまり受けなくなるという点であることが理解できる。

【0086】他の利点は、本発明によるVCTが、現在の自己駆動型のVCT位相調整器機構と類似した寸法を

維持しつつ、エンジンオイル圧により効果的に作動するとともに、カムシャフトからのトルクパルスによる駆動を必要としないという点である。

【0087】ベーン位相調整器のサイズを小さくするために、本発明は、断面積が小さくかつ多くのベーンチャンバを含んでいるベーン位相調整構成を有しており、従来のベーン位相調整器に匹敵する容積を達成している。したがって、本発明の位相調整器は、15mm以下の断面幅を維持しつつ、30度のカム位相回転角を達成できる。

【0088】さらに他の利点は、本発明によるVCTが、従来のベーン式ポンプと多くの特徴を共有しており、したがって、ベーンポンプ構成部品と、長年培われてきたベーンポンプ設計の利点および製造方針とを共有しているという点である。

【0089】別の利点は、ドライブおよびドリブンベーンがスプリングで付勢されてそれぞれハブおよびハウジングに常時接触しているので、交互配置のアドバンスおよびリタードチャンバをシールするのに、付加的なシールシステムが何ら必要とされないという点である。

【0090】本発明は好ましい実施態様に関して説明されてきたものの、その他の形態が当該分野の当業者によって採用され得ることは明らかである。たとえば、カムシャフトの位相変更を達成するのに、開ループ制御方法を採用してもよい。同様に、流体の流れを制御するのに、別の制御バルブ装置を採用してもよい。

【0091】また、読者の注意は、本願明細書と同時にまたはそれ以前に出願されかつ本明細書とともに公衆の閲覧に供されたすべての文書および書類に向けられており、このような文書および書類すべての内容は引用することによって本明細書の中に含まれる。したがって、本発明の範囲は、特許請求の範囲によってのみ限定されることになる。

【0092】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、その運転範囲内でカムシャフトの位置がクランクシャフトの位置に対して連続的に可変になっている可変カムシャフトタイミングシステムを提供できる。また、相対的に簡略化された機械および液圧構造を有する液圧制御の可変カムシャフトタイミングシステムを提供できる。さらに、あらゆるエンジン型式およびエンジンサイズとともに作動する、改良された可変カムシャフトタイミングシステムを提供できる。また、その運転制限内でクランクシャフトに対するカムシャフトの連続的な可変位相調整を提供し、クランクシャフト位置とカムシャフト位置との間で少なくとも約30度の位相調整を提供する可変カムシャフトタイミングシステムを実現できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるカムシャフトおよびベーン位相調整器の斜視図である。

【図2】図1のカムシャフトおよびベーン位相調整器の端面図である。

【図3】本発明によるベーン位相調整器を含む別のカムシャフトの端面図である。

【図4】本発明の好ましい実施態様によるカムシャフトおよび位相調整器装置を有する液圧装置の概略図であって、カムシャフトの位置がニュートラル位置からリタード位置に変わる位相変化を図示している。

【図5】図4および図6に示されるような構成部品の配置において、本発明の可変カムシャフトタイミングシステムの構成部品の断面図である。

【図6】本発明の好ましい実施態様による可変カムシャフトタイミング装置を有する液圧装置の概略図であって、カムシャフトの位置がニュートラル位置からアドバンス位置に変わる位相変化を図示している。

【図7】本発明の好ましい実施態様による可変カムシャフトタイミング装置を有する液圧装置の概略図であって、カムシャフトの位置がニュートラル位置でありかつハウジングがカムシャフトに固定されているロック状態を示している。

【図8】図7に示されるような構成部品の位置において、本発明の可変カムシャフトタイミングシステムの構成部品の断面図である。

【図9】本発明の変形実施態様による可変カムシャフトタイミング装置を有する液圧装置の概略図であって、カムシャフトの位置がニュートラル位置からアドバンス位置に変わる位相変化を示しており、さらに、ハウジングのロック状態をカムシャフトから解除するために3方向ソレノイドの使用を図示している。

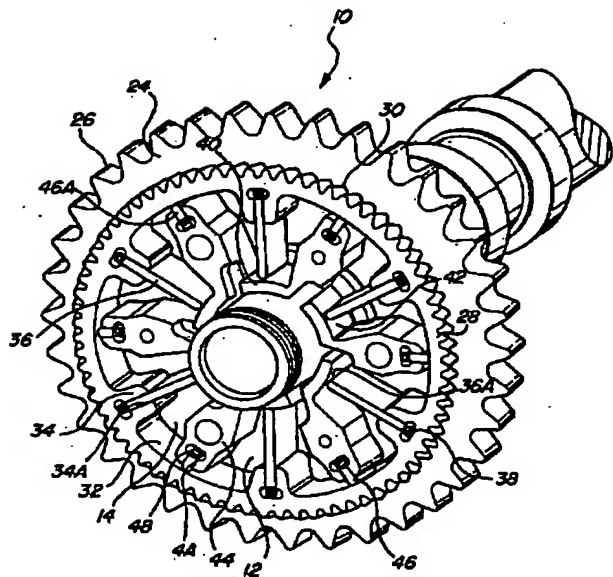
【図10】本発明による他のカムシャフトおよび位相調整器の端面図である。

【図11】本発明の他の変形実施態様による可変カムシャフトタイミング装置を有する液圧装置の概略図であって、カムシャフトの位置がニュートラル位置からアドバンス位置に変わる位相変化を図示するとともに、ハウジングのロック状態をカムシャフトから解除するために、さらに、直接ロッキングピストンまで流れる油圧を図示している。

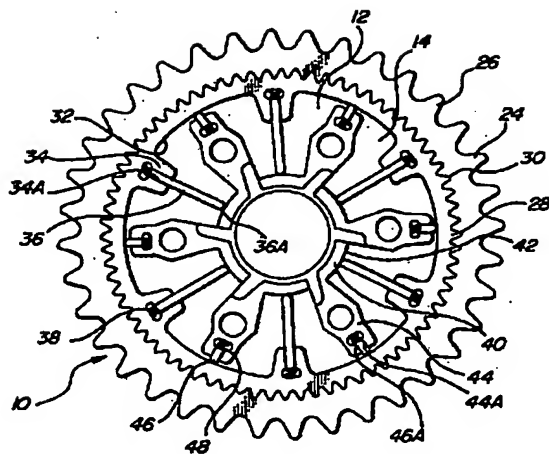
【符号の説明】

- 10： 位相調整器
- 12： アドバンスチャンバ
- 14： リタードチャンバ
- 24： ハウジング
- 36： ドライブベーン
- 40： ハブ
- 46： ドリブンベーン
- 50： カムシャフト

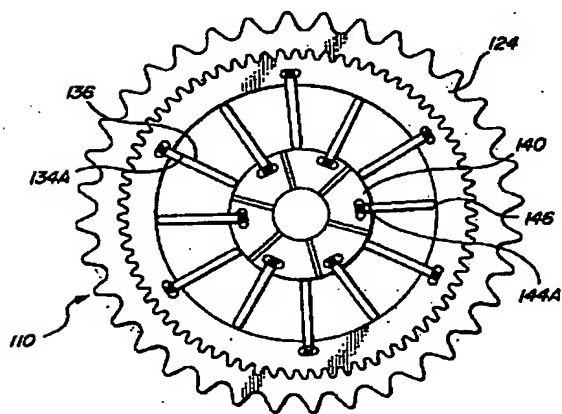
【図1】



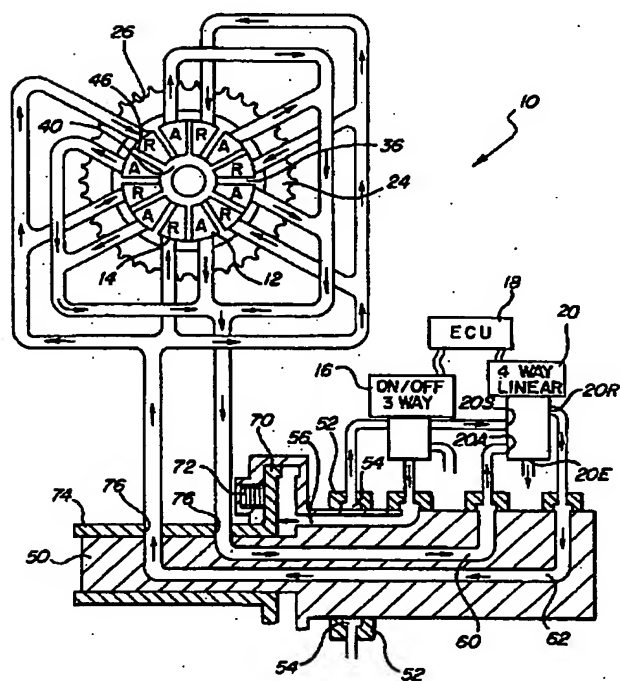
【図2】



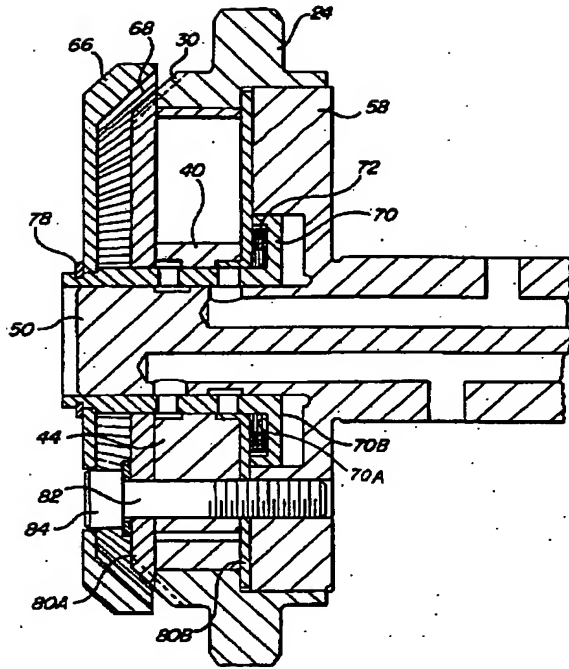
【図3】



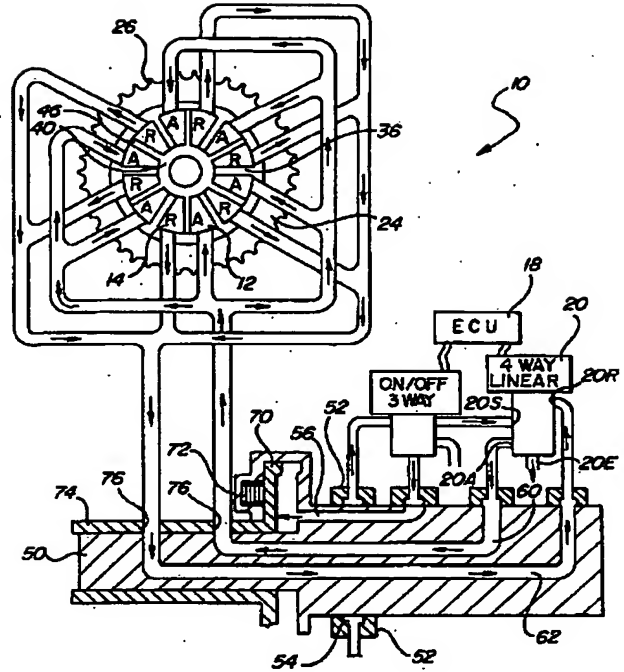
【図4】



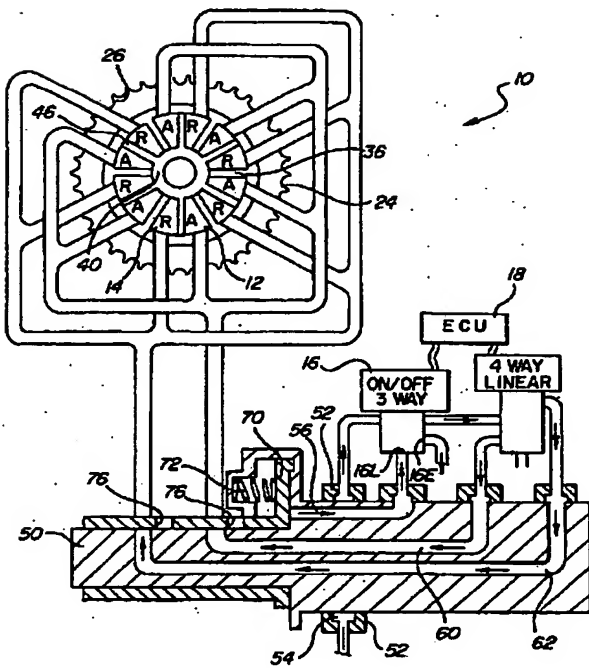
【図5】



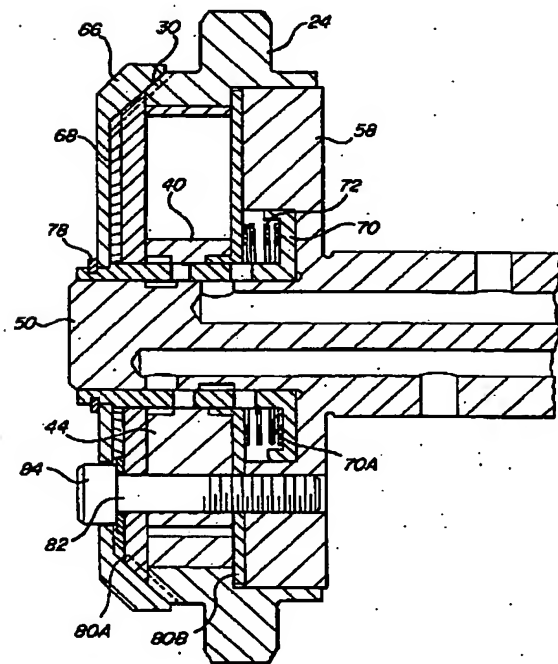
【図6】



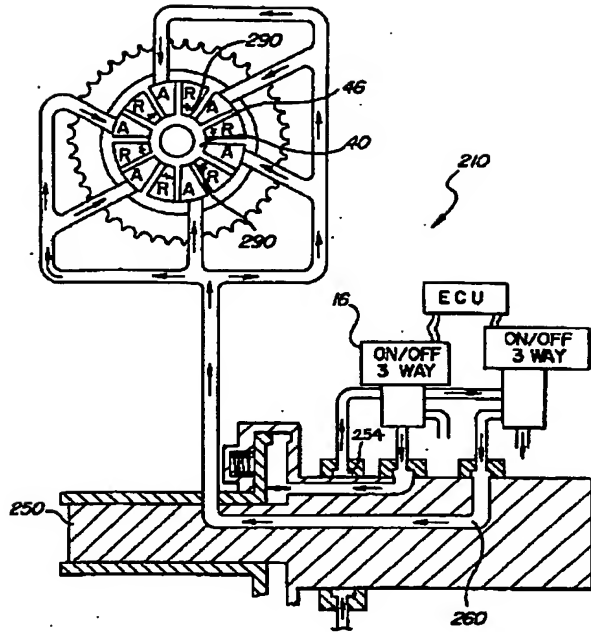
【図7】



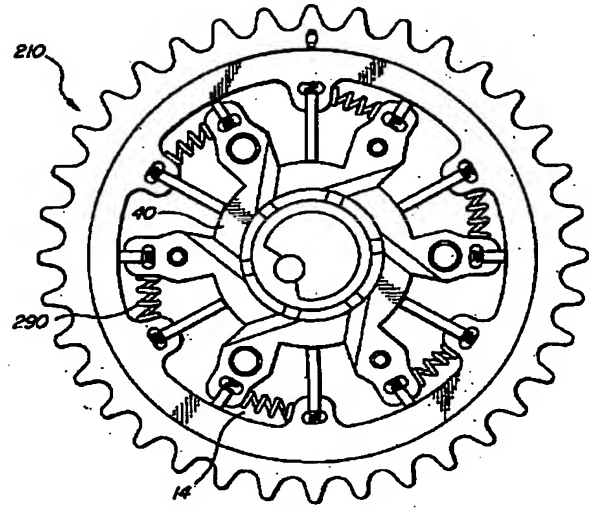
【図8】



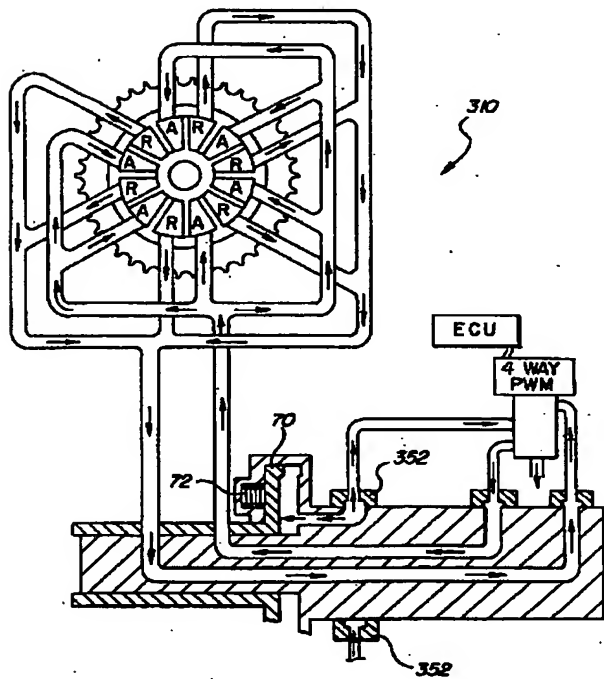
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 マーティン・ガードナー  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14850  
イサカ シッケル・ロード 8



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**